

Remediation of Organic Pollutants Tofu Liquid Waste Anaerobic - Aerobic Biofilter Combination of Media Phytoremediation Plastic Bottle With Fish For Life Media

By :

Sopian Efendi ¹⁾, M. Hasbi ²⁾, Budijono ²⁾

sopianefendi_jmb@yahoo.co.id

Abstract

This study was conducted in September-December 2013 in the tofu factory which is located on Jl . Build Kubang Kingdom Village Tarai Mining District of Kampar district in Riau Province . The purpose of this research is to improve the performance of the biofilter process mediated by a combination of plastic bottles in the phytoremediation of organic pollutants decrease (BOD and COD) in waste water out to below the quality standard according PerMenLH No . 15 of 2008 . Results of combination treatment anaerobic - aerobic reactor with fitorediasi of media can reduce BOD levels during the observation with an average of 143.44 mg / l with an average effectiveness of 90.50 % , and for COD can be decreased to 197.46 mg / l with an average effectiveness of 89.74 % . For other parameters also are in accordance with the quality standards that have been established , such as pH 7 , temperature 28 0C , and DO of 3.76 mg / l . While the media processing unit without (control) can also reduce levels of BOD and COD , but the effectiveness of processing lower when compared to the unit of media . Where the effectiveness of the average decline during the observation BOD BOD 57.81 % with 661.9 mg / l , and for the effectiveness of COD reached 65.90 % decline in the average COD content of 633.08 mg / l . Tests on fish survival test to know the processed wastewater anaerobic - aerobic reactor combined with phytoremediation of media at the end of the observation has been able to support fish life test . Where to fish monitoring reached 46.67 % , tilapia 70% , and the fish Sepat marsh 86.67 % . While examing to control all kinds of test fish dying until the end of the observation .

Keywords : Biofilter, BOD, COD, Waste Water, Plastic Bottle

1) Student of the Fisheries and Marine Science Faculty, Riau University

2) Lecturer of of the Fisheries and Marine Science Faculty, Riau University

PENDAHULUAN

Pencemaran ekosistem perairan didefenisikan sebagai perubahan fungsi normal dari suatu ekosistem perairan (sungai, danau, waduk, pesisir dan lainnya) akibat masuk atau dimasukkannya benda-benda lain seperti masuknya buangan limbah cair dari proses pembuatan tahu. Sebagian besar

masyarakat mengemari tahu sebagai makanan tradisional karena bergizi, murah, rasanya enak dan harganya terjangkau.

Pada proses pembuatan tahu oleh sebagian besar pengrajin tahu masih dilakukan secara sederhana, sehingga efisiensi penggunaan sumber daya (air dan bahan baku) dirasakan masih rendah dan

berdampak pada relatif tingginya produksi buangan limbah cair. Kebutuhan air untuk mengolah kacang kedelai menjadi tahu sekitar 30 - 45 liter per kg. Jika jumlah kedelai yang diolah sebanyak 800 - 900 kg/hari dibutuhkan air berkisar 24.000 - 40.500 liter per hari dan sebagian besar diantaranya merupakan limbah cair organik yang berpotensi mencemari perairan (Herlambang, 2002).

Polutan organik dalam limbah cair tahu dapat dilihat dari nilai BOD₅. Sebagai ilustrasi limbah cair tahu memiliki nilai rata-rata BOD₅ 6.000 - 8.000 mg/l (Herlambang, 2002), dan BOD₅ 1.064,37 mg/l (Putra, 2012). Nilai BOD₅ tersebut masih di atas baku mutu Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 15 tahun 2008 yang mensyaratkan BOD₅ 150 mg/l. Dengan demikian, seyogyanya usaha pembuatan tahu diwajibkan memiliki instalasi pengolahan limbah cair (IPLC). Namun, karena usahanya skala rumah tangga, terbatas modal dan rendahnya kesadaran terhadap pengelolaan lingkungan, maka umumnya sebagian besar pengrajin tahu tidak memiliki melakukan pengolahan limbah cair. Hal tersebut dapat berdampak terjadinya deplesi oksigen terlarut dalam perairan yang akan mengancam kehidupan biota akuatik.

Penggunaan biofilter bermedia botol plastik telah cukup berhasil menurunkan BOD₅ dalam limbah cair RPH sebesar 81,62 % (Silalahi, 2012). Sementara efektivitas penurunan BOD₅ pada limbah cair tahu dengan biofilter bermedia botol plastik yang diisi dengan arang bakau mencapai 84,54 % (Putra, 2012), dan (Susanto, 2013) dapat menurunkan kadar BOD₅ pada limbah cair rumah potong hewan dengan efektivitas 91,65 %. Merujuk dari hasil penelitian tersebut, maka media biofilter yang digunakan dalam penelitian ini adalah media botol plastik yang berisikan potongan-potongan plastik karena

kinerjanya lebih tinggi. Di samping itu, botol plastik umumnya sebagai limbah padat yang ketersediaannya melimpah, mudah diperoleh, bersifat tahan lama dan ringan serta harganya murah.

Untuk lebih meningkatkan kualitas limbah cair yang telah diolah oleh biofilter tersebut, maka pengolahannya dilanjutkan menggunakan konsep fitoremediasi. Menurut Supradata (2005), fitoremediasi merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (pasir, kerikil, tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi. Teknologi mengolah limbah dengan tanaman untuk memanfaatkan unsur hara dari limbah dikenal dengan sistem *phytoremediation*. Tanaman air dapat memfilter, mengadsorpsi partikel dan mengabsorpsi ion-ion logam yang terdapat dalam air limbah melalui akar (Safitri, 2009). Proses fitoremediasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan tanaman secara langsung (Gray dan Biddlestone, 1995).

Untuk lebih menyakinkan bahwa hasil olah limbah cair tahu dengan gabungan biofilter anaerob-aerob bermedia botol plastik dengan fitoremediasi tidak bersifat toksik atau tidak bagi biota akuatik, maka dilakukan uji biologi pada ikan (*Oreochromis niloticus*, *Trichogaster trichopterus* dan *Esomus* sp). Menurut Soemirat dalam Yanie (2013), ikan dipilih sebagai hewan uji karena menduduki tingkat 4 dalam piramida rantai makanan. Dalam penelitian ini, ikan uji yang digunakan adalah ikan *Oreochromis niloticus*, *Trichogaster trichopterus* dan *Esomus* sp. Karena ketiga jenis ikan tersebut merupakan ikan yang dapat dikategorikan sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan seperti *Oreochromis niloticus* dan *Esomus* sp mewakili famili

cyprinidae. Sementara ikan *Trichogaster trichopterus* masih dianggap sebagai ikan liar yang belum dibudidayakan, namun bernilai ekonomis, mudah diperoleh dan toleran terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim.

Berdasarkan uraian di atas, tujuan dari penelitian ini adalah : 1) untuk mengetahui efektifitas remediasi polutan organik limbah cair tahu dengan gabungan proses biofilter bermedia botol plastik dan tanaman air, dan (2) untuk mengetahui tingkat kelulushidupan ikan *Oreochromis niloticus*, *Trichogaster trichopterus*, dan *Esomus sp* yang dipelihara dalam limbah cair tahu yang telah diolah tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan September-Desember 2013 di pabrik tahu yang terletak di Jl. Kubang Raya Desa Tarai Bangun Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar Provinsi Riau. Analisis parameter BOD dan COD limbah cair tahu dilakukan di Laboratorium Ekologi Perairan FAPERIKA Universitas Riau. Sedangkan analisis total bakteri dilakukan di FMIPA Universitas Riau.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menguji cobakan gabungan proses biofilter anaerob-aerob bermedia botol plastik dengan eceng gondok. Parameter limbah cair tahu yang dianalisis adalah BOD, COD, suhu, pH, dan oksigen terlarut (DO).

❖ Media Biofilter

Media biofilter yang digunakan adalah botol plastik yang dirangkai saling berkaitan dengan menggunakan *Cable Tie* dan diisi dengan potongan plastik dengan ukuran 2 cm (L) x 12 cm (P) sebanyak 11 potong. Jumlah rangkaian botol plastik yang digunakan yaitu 9 rangkaian, dimana 6 rangkaian dimasukkan ke dalam 2 reaktor biofilter anaerob dan 3 rangkaian ke dalam reaktor biofilter aerob. Satu rangkaian plastik bekas terdiri dari 60

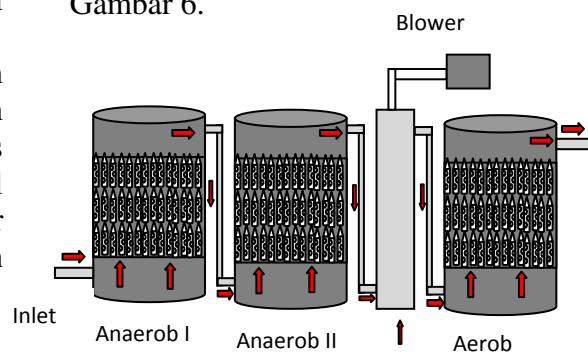
botol plastik. Botol plastik dimasukan kedalam reaktor yang digunakan dengan ketinggian mencapai 50 cm. Rangkaian botol plastik yang digunakan disajikan pada Gambar 5.



Gambar 1. Rangkaian Botol Plastik dan Media Isi Potongan Plastik yang Digunakan.

❖ Model Reaktor Biologis

Reaktor biologis yang digunakan terbuat dari drum plastik dengan ukuran tinggi 80 cm dan diameter 55 cm. Reaktor pengolahan yang digunakan dilengkapi dengan lubang inlet dan lubang outlet yang terletak pada ketiga reaktor. Model reaktor yang digunakan disajikan pada Gambar 6.



Gambar 2. Reaktor Biofilter yang Digunakan

Peralatan pendukung yang diperlukan adalah blower 1 unit, 6 buah akuarium, 1 batang paralon PVC $\frac{1}{2}$ ", 2 batang paralon PVC 1", 3 unit elbow PVC $\frac{1}{2}$ ", 6 unit elbow PVC 1", 6 socket drat dalam, 6 socket drat luar, 3 unit kran $\frac{3}{4}$ ", 3 gulung selotif, 1 pasta lem PVC, gergaji besi, meteran, ampelas, dan 1 unit drum penampung dengan volume 120 liter.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel limbah cair tahu yang berasal dari segala aktifitas proses pembuatan tahu. Sedangkan alat yang digunakan untuk analisis sampel adalah botol sampel, DO meter, spuit, pipet tetes, gelas ukur, termometer, ember, spektrofotometer untuk mengukur BOD dan COD.

Pengambilan sampel limbah cair tahu selama penelitian dibagi menjadi lima kali pengambilan dengan rentang waktu 6 hari, dan titik pengambilan sampel dibagi lima titik yaitu : T1) Limbah cair tahu sebelum diolah (Inlet); T2) Limbah cair tahu yang telah melalui reaktor biofilter bermedia botol plastik proses anaerob-aerob; T3) Limbah cair tahu yang telah melalui reaktor biofilter tanpa media botol plastik proses anaerob-aerob; T4) Limbah cair yang telah melalui bak bermedia eceng gondok; T5) Limbah cair yang telah melalui bak tanpa eceng gondok. Untuk mengetahui tingkat efektifitas penurunan kadar BOD dan COD selama lima minggu pengamatan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$C_{in} - C_{out}$$

$$EP = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100 \%$$

Keterangan:

EP=Nilai efektifitas penurunan kadar BOD dan COD

C_{in} = Konsentrasi BOD dan COD pada inlet

C_{out} = Konsentrasi BOD dan COD pada outlet

Untuk mengetahui kualitas limbah cair tahu yang sudah diolah maka dilakukan uji biologi terhadap ikan Nila (*Oreochromis niloticus*), Sepat rawa (*Trichogaster trichopterus*), dan Pantau janggut (*Esomus* sp) dengan melihat tingkat kelulushidupan ikan tersebut dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kelulushidupan ikan} = \frac{\text{ikan hidup}}{\text{ikan mati}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

❖ Efektivitas Penurunan BOD

Dari hasil analisis selama pengamatan efektivitas penurunan kadar BOD limbah cair tahu pada reaktor anaerob-aerob dan fitoremediasi bermedia dan tanpa media dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis dan Efektivitas Penurunan BOD.

Minggu	Unit Pengolahan Bermedia					
	Kadar BOD (mg/L)			Efektivitas (%)		
	T1	T2	T4	T2	T4	T1-T4
I	1728	302,4	121,7	82,5	59,7	92,9
II	1964	475,2	149,7	75,8	68,4	92,3
III	1218	151,2	175,4	87,5	-16,0	85,6
IV	1213	122,5	131,9	89,9	-7,7	89,1
V	1846	172,8	138,5	90,6	19,8	92,4
Rata ²	1593,8	244,8	143,4	85,2	49,3	90,5

Minggu	Unit Pengolahan Tanpa Media					
	Kadar BOD (mg/L)			Efektivitas (%)		
	T1	T3	T5	T3	T5	T1-T5
I	1728	846,8	682,4	50,9	19,4	60,5
II	1964	961,6	812,7	51,0	15,4	58,6
III	1218	731,6	541,8	39,9	25,9	55,5
IV	1213	784,4	587,2	35,3	25,1	51,5
V	1846	852,7	685,5	53,8	19,6	62,8
Rata ²	1593,8	835,4	661,9	46,2	21,1	57,8

Sumber : Data Primer

Secara keseluruhan kombinasi biofilter anaerob-aerob bermedia botol plastik dengan eceng gondok (T1-T4) dapat menurunkan kadar BOD limbah cair tahu. Pada pengamatan minggu pertama kadar BOD di inlet (T1) dari 1728 mg/l turun menjadi 121,7 mg/l di outlet (T4) dengan efektivitas sebesar 92,9 %. Namun pada pengamatan ketiga dan keempat efektivitas mengalami penurunan. Dimana efektivitas minggu ketiga hanya mencapai 85,5 % dan minggu keempat sebesar 89,1 %. Selanjutnya pada pengamatan kelima efektivitas kembali meningkat hingga mencapai 92,4 %, dengan kadar BOD pada inlet 1846 mg/l dapat turun pada outlet menjadi 138,5 mg/l.

Sedangkan pada unit reaktor kontrol tanpa media efektivitas penurunan kadar BOD jauh lebih rendah dibandingkan dengan unit reaktor bermedia. Dimana efektivitas penurunan

kadar BOD dari T1-T5 pada pengamatan minggu pertama hanya mencapai 60,6 %, dari kadar BOD awal (T1) 1728 mg/l turun menjadi 682,4 mg/l pada outlet (T5). Pada pengamatan minggu kedua efektivitas mengalami penurunan menjadi 58,6 %, dari 1964 mg/l hanya dapat turun menjadi 812,7 mg/l. Selanjutnya pada pengamatan minggu ketiga efektivitas kembali turun menjadi 55,5 %, dan minggu keempat turun menjadi 51,5 %. Pada pengamatan kelima efektivitas penurunan BOD dari T1-T5 kembali mengalami peningkatan hingga mencapai 62,8 %, dengan kadar BOD awal (T1) 1846 mg/l dapat turun menjadi 685,5 mg/l pada Outlet (T5).

Nilai rata-rata efektifitas penurunan BOD setelah diolah dengan unit reaktor kombinasi anaerob-aerob dengan fitoremediasi bermedia (T1-T4) selama penelitian mencapai 90,5 %, dan dapat menurunkan kadar BOD rata-rata 143,4 mg/l. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka teknologi pengolahan kombinasi biofilter anaerob-aerob bermedia botol plastik dengan fitoremediasi cukup efektif menurunkan kadar BOD limbah cair tahu. Dengan efektifitas berkisar antara 85,5 - 92,9 %, dan dapat menurunkan kadar BOD berkisar antara 121,7 – 149,7 mg/l. Hal ini sudah sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 15 tahun 2008 bahwa baku mutu limbah BOD untuk kegiatan atau usaha pembuatan tahu adalah 150 mg/l. Sementara untuk unit pengolahan tanpa media (kontrol), nilai efektivitas penurunan BOD hanya berkisar antara 51,5 – 62,8 % dengan kadar BOD berkisar antara 541,8 – 812,7 mg/l. Dengan demikian, maka kadar BOD masih berada diatas baku mutu yang sudah ditetapkan, sehingga belum aman jika langsung dibuang ke lingkungan perairan.

❖ Efektivitas Penurunan COD

Berdasarkan hasil pengukuran COD pada inlet (T1) terus berfluktuasi dari pengamatan pertama sampai pengamatan kelima. Dimana pada pengamatan minggu pertama kadar COD pada inlet (T1) sebesar 1452 mg/l. Selanjutnya sampai pada pengamatan minggu keempat kadar COD pada T1 mengalami peningkatan hingga mencapai 2850 mg/l. Pada minggu kelima kadar COD pada T1 mengalami penurunan menjadi 1724 mg/l. Fluktuasi kadar COD pada T1 disebabkan kandungan polutan organik limbah cair tahu berbeda-beda setiap minggunya, serta adanya pengaruh faktor lain dari lingkungan sekitar tempat penelitian. Untuk lebih jelasnya hasil pengukuran kadar COD selama pengamatan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis dan Efektivitas Penurunan COD.

Minggu	Unit Pengolahan Bermedia					
	Kadar COD (mg/L)			Efektivitas (%)		
	T1	T2	T4	T2	T4	T1-T4
I	1452	264	134,8	81,8	48,9	90,7
II	1787	371,5	181,2	79,2	51,2	89,8
III	1852	274,3	281,4	85,1	-	84,8
IV	2850	251,1	261,3	91,1	-	90,8
V	1724	211	128,6	87,7	39,0	92,5
Rata ²	1933	274,3	197,4	85,0	46,4	89,7

Minggu	Unit Pengolahan Tanpa Media					
	Kadar COD (mg/L)			Efektivitas (%)		
	T1	T3	T5	T3	T5	T1-T5
I	1452	736,8	581,2	49,2	21,1	59,9
II	1787	822,3	714,1	53,9	13,1	60,0
III	1852	871,2	631,8	52,9	27,4	65,8
IV	2850	975,9	715,7	65,7	26,6	74,8
V	1724	641,7	522,6	62,7	18,5	68,6
Rata ²	1933	809,5	633,0	56,9	21,3	65,9

Sumber : Data Primer

Dilihat dari hasil analisis pada tabel 2, kadar COD selama lima minggu pengamatan terus mengalami penurunan dari inlet (T1) sampai pada outlet (T4). Dimana kadar awal COD pada inlet (T1) berkisar antara 1452 – 2850 mg/l dengan rata-rata 1933 mg/l, dan pada outlet (T4) bermedia kadar COD turun berkisar antara 128,6 – 281,4 mg/l dengan rata-rata 197,4 mg/l dan sudah berada dibawah standar baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 15 tahun 2008 untuk kegiatan

industri atau usaha pembuatan tahu baku mutu limbah COD adalah 300 mg/l. Sedangkan pada outlet (T5) tanpa media penurunan kadar COD hanya berkisar antara 522,6 – 715,7 mg/l dengan rata-rata 633,0 mg/l. Dengan demikian kadar COD pada outlet (T5) masih jauh berada di atas standar baku mutu yang telah ditetapkan. Sehingga harus diolah kembali sebelum dibuang ke lingkungan. Sementara untuk nilai efektivitas penurunan kadar COD pada T1-T5 lebih rendah dibandingkan efektivitas pada T1-T4

Dari tabel 2 juga dapat dilihat bahwa terjadi fluktuasi angka efektivitas penurunan kadar COD pada T1-T4 bermedia dan T1-T5 tanpa media. Dimana pada T1-T4 efektivitas terendah terjadi pada pengamatan minggu ketiga yaitu sebesar 84,80 %, sedangkan efektivitas tertinggi terdapat pada pengamatan minggu kelima hingga mencapai 92,54 % dengan rata-rata efektivitas sebesar 89,7 %. Sedangkan pada T1-T5 tanpa media rata-rata efektivitas penurunan kadar COD selama lima minggu pengamatan hanya mencapai 65,9 %. Dimana efektivitas tertinggi terdapat pada pengamatan minggu keempat mencapai 74,8 %, dan efektivitas terendah terdapat pada pengamatan minggu pertama hanya mencapai 59,9 %.

Efektivitas penurunan kadar COD dengan kombinasi biofilter anaerob-aerob bermedia botol plastik dengan fitoremediasi yang digunakan lebih tinggi dibandingkan dengan Herlambang (2002) dengan system aerobik efektifitas pengolahan hanya mencapai 85 % dengan kadar COD sebesar 285 mg/l. Serta Gultom (2012) yang menggunakan ban bekas sebagai media biofilter dapat menurunkan kadar COD 201,5 mg/l dengan efektivitas 71,53 %.

❖ Derajat Keasaman

Kondisi pH air ditentukan oleh keberadaan ion hidrogen yang ada dalam air itu sendiri, dimana pH yang rendah

mencirikan kondisi perairan yang cenderung bersifat asam (Husin, 2008). Dari hasil pengukuran di lapangan kisaran pH limbah cair tahu pada inlet (T1) selama lima minggu pengamatan bervariasi, yaitu berkisar antara 4-5 dengan rata-rata 4,4. Hasil pengukuran pH limbah cair tahu tersebut disajikan secara lengkap pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Parameter pH.

Minggu	Titik Pengamatan				
	T1	T2	T4	T3	T5
I	4	6	7	5	4
II	5	7	7	5	4
III	5	7	7	4	4
IV	4	6	7	5	4
V	4	6	7	4	4
Rata-rata	4,4	6,4	7	4,6	4

Sumber : Data Primer

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa pada unit pengolahan bermedia nilai pH mengalami peningkatan pada T2 (aerob bermedia), dimana rata-rata nilai pH selama pengamatan mencapai 6,4. Selanjutnya pada T4 (fitoremediasi bermedia) nilai pH mengalami peningkatan dengan rata-rata 7. Peningkatan pH yang terjadi pada T2 dan T4 selama lima minggu pengujian diduga karena aktifitas mikroorganisme (bakteri) metanogenik. Bakteri metanogenik memerlukan asam asetat, CO₂ dan ion hidrogen (H₂) dalam pembentukan gas metana. Sesuan dengan pendapat Balch *et al.*, dalam Husin (2008) menyatakan proses metanasi dilakukan oleh dua grup bakteri yang sama-sama menghasilkan gas metan. Grup pertama disebut asitogenik yang merubah asam asetat menjadi gas metana dan CO₂ melalui reaksi : $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$. Grup kedua adalah bakteri metanogenik yang menggunakan ion hidrogen (H) sebagai elektron donor dan CO₂ sebagai akseptor untuk membentuk metana melalui reaksi : $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$. Selanjutnya Sugiyana (2008) menyatakan bahwa produksi gas metan oleh bakteri metanogenik berlangsung dengan baik pada pH 6–8.

Sedangkan pada unit pengolahan tanpa media nilai pH pada T3 mengalami peningkatan dari nilai inlet, dengan rata-rata nilai pH 4,6. Tetap pada proses selanjutnya yaitu pada Fitoremediasi tanpa media (T5) nilai pH mengalami penurunan, dimana rata-rata nilai pH selama pengamatan mencapai 4 dan tergolong asam. Rendahnya nilai pH pada inlet (T1) menunjukkan bahwa limbah cair tahu bersifat asam. Hal ini sesuai dengan pernyataan Herlambang (2002), pada umumnya konsentrasi ion hidrogen cukup tinggi sehingga buangan limbah cair tahu cenderung bersifat asam.

❖ Suhu

Salmin (2005) menyatakan bahwa suhu optimum untuk perkembangan bakteri dalam proses penguraian polutan berkisar 32-36 °C. Dari hasil analisis nilai suhu pada inlet T(1) selama 5 minggu pengamatan bervariasi, yaitu berkisar antara 30-34 °C dengan rata-rata 32 °C. Selama pengamatan pengukuran suhu tidak dilakukan pada titik awal keluarnya limbah cair tahu. Pengukuran suhu dilakukan setelah limbah cair tahu masuk ke dalam bak penampungan. Dengan demikian, suhu limbah cair telah mengalami penurunan suhu karena kontak dengan udara bebas. Hasil pengukuran suhu limbah cair tahu tersebut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Parameter Suhu.

Minggu	Titik Pengamatan				
	T1	T2	T4	T3	T5
I	34	30	28	30	29
II	34	31	28	29	30
III	32	28	28	28	30
IV	30	28	28	28	29
V	30	28	28	28	29
Rata-rata	32	29	28	28,6	29,4

Sumber : Data Primer

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan adanya variasi suhu selama lima minggu pengamatan pada inlet (T1) sebagai awal limbah cair tahu yang akan diolah relatif tinggi dengan rata-rata 32 °C. Suhu

buangan limbah cair tahu yang tinggi di inlet berasal dari pemasakan kedelai. Herlambang (2002) menyatakan suhu limbah cair tahu pada umumnya lebih tinggi dari air baku untuk proses produksi tahu, yaitu 40 - 45 °C. Kemudian setelah masuk pada aerob bermedia (T2) nilai suhu mengalami penurunan selama 5 minggu pengamatan, dimana nilai suhu rata-rata pada aerob bermedia (T2) mencapai 29 °C. Selanjutnya pada outlet fitoremediasi bermedia (T4) yang merupakan akhir dari pengolahan suhu kembali mengalami penurunan dengan rata-rata 28 °C.

Secara keseluruhan, kondisi suhu limbah cair tahu selama pengamatan relatif normal baik itu pada unit pengolahan bermedia maupun tanpa media. Suhu limbah cair tersebut bukan merupakan faktor yang dikondisikan, melainkan kondisi suhu yang sangat dipengaruhi oleh iklim dan cuaca setempat, karena penempatan paket alat pengolahan limbah cair tahu berada di lapangan atau di lokasi pengrajin tahu. Dengan kondisi suhu limbah cair tahu yang berkisar 30-34 °C merupakan suhu normal sehingga pertumbuhan optimal mikroorganisme air yang terdapat dalam limbah cair tahu. Suhu optimum untuk perkembangan mikroorganisme dalam proses penguraian bahan organik adalah 32-36 °C (Hammer, Mark J, 1991). Selain itu, jika limbah cair tersebut akan dibuang ke perairan tidak akan mengganggu kehidupan organisme perairan. Menurut Hutabarat dan Evans (2005) yang menyatakan bahwa kisaran suhu optimum bagi kehidupan organisme perairan adalah 25-32 °C.

❖ Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen dibutuhkan ketika pengolahan terhadap limbah cair dilakukan secara aerob. Tetapi untuk proses anaerob, kehadiran oksigen dapat menyebabkan kegagalan mikroorganisme dalam mendegradasi limbah cair tahu.

Kondisi oksigen terlarut (DO) selama 5 minggu pengujian pada inlet (T1) bervariasi, yaitu berkisar antara 1,3-1,8 mg/l dengan rata-rata 1,6 mg/l. Rendahnya nilai DO pada inlet diakibatkan kandungan polutan organik yang ada dalam limbah cair tahu sangat tinggi. Namun setelah limbah cair tahu masuk ke dalam reaktor aerob bermedia, nilai DO dapat meningkat dengan rata-rata selama pengamatan 4,12 mg/l. Peningkatan nilai DO tersebut karena adanya penambahan aerasi sebelum limbah cair tahu masuk ke dalam reaktor aerob. Dengan adanya penambahan aerasi tersebut diharapkan nilai DO meningkat sehingga bakteri aerob dapat hidup di dalam reaktor aerob.

Tabel 5. Pengukuran Parameter Oksigen Terlarut.

Minggu	Titik Pengamatan				
	T1	T2	T4	T3	T5
I	1,3	4,2	3,8	4,2	4,2
II	1,4	4,2	3,7	4,3	3,8
III	1,7	4,0	3,8	4,0	3,2
IV	1,8	4,0	3,8	4,0	4,0
V	1,8	4,2	3,7	4,2	3,8
Rata-rata	1,6	4,12	3,76	4,14	3,8

Sumber : Data Primer

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat nilai DO pada aerob tanpa media (T3), dimana nilai DO selama pengamatan berkisar antara 4,0-4,2 mg/l dengan rata-rata 4,12 mg/l. Selanjutnya pada bak fitoremediasi tanpa media (T5) nilai DO mengalami penurunan menjadi 3,8 mg/l. Secara keseluruhan nilai DO pada Unit pengolahan tanpa media ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai DO pada unit pengolahan bermedia. Hal ini disebabkan pada unit pengolahan tanpa media DO hanya sedikit digunakan oleh bakteri pengurai, serta tidak adanya pemanfaatan DO oleh tumbuhan eceng gondok pada bak fitoremediasi.

Setelah 5 minggu pengamatan, dari pengamatan pertama sampai pengamatan kelima nilai DO pada unit pengolahan bermedia maupun tanpa media telah memenuhi untuk kehidupan organisme. Selain itu, jika limbah cair tersebut akan dibuang ke perairan tidak

akan mengganggu kehidupan organisme perairan. Hal ini sesuai dengan pendapat Ryding dan Rast dalam Krismono (2003) yang menyatakan bahwa kandungan oksigen terlarut yang tidak mengganggu kehidupan organisme yang ada di perairan tidak boleh kurang dari 3 mg/l.

❖ Total Plate Count (TPC)

Mikroba merupakan salah satu faktor kunci yang ikut menentukan berhasil tidaknya suatu proses penanganan limbah cair organik secara biologi. Keberadaannya sangat diperlukan untuk berbagai tahapan dalam perombakan bahan organik. Marchaim (1992) menyatakan bahwa efektifitas biodegradasi limbah organik menjadi metana membutuhkan aktifitas metabolik yang terkoordinasi dari populasi mikroba yang berbeda-beda. Populasi mikroba dalam jumlah dan kondisi fisiologis yang siap diinokulasikan pada media fermentasi disebut sebagai starter. Bakteri, suatu grup prokariotik, adalah organisme yang mendapat perhatian utama baik dalam air maupun dalam penanganan air limbah (Jenie dan Winiati, 1993). Untuk itu dalam penelitian ini dilakukan analisis total bakteri yang terkandung dalam limbah cair tahu. Hasil pengukuran TPC limbah cair tahu yang didapat selama pengamatan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Total Plate Count.

Minggu	Titik Pengambilan Sampel TPC		
	T1	T2	T3
I	$1,4 \times 10^5$	$3,5 \times 10^6$	$1,7 \times 10^6$
II	$1,0 \times 10^6$	$4,0 \times 10^7$	$1,1 \times 10^7$
III	$1,3 \times 10^6$	$5,6 \times 10^8$	$1,8 \times 10^7$
IV	$1,1 \times 10^6$	$4,2 \times 10^8$	$1,1 \times 10^7$
V	$0,9 \times 10^5$	$6,4 \times 10^8$	$1,0 \times 10^6$

Sumber : Data Primer

Dari data tabel 6 menunjukkan bahwa nilai TPC pada *inlet* berbeda-beda. Perbedaan tiap pengamatan terjadi karena perbedaan kadar polutan organik yang masuk ke dalam unit reaktor. Jumlah TPC pada *inlet* berkisar $0,9 \times 10^5$ - $1,3 \times 10^6$ CFU.

Setelah mengalir memasuki reaktor aerob bermedia maupun tanpa media jumlah TPC meningkat. Nilai TPC aerob bermedia berkisar $3,5 \times 10^6$ - $6,4 \times 10^8$ CFU, sedangkan nilai TPC aerob tanpa media berkisar $1,1 \times 10^7$ - $1,8 \times 10^7$ CFU.

❖ Kelulushidupan Ikan Uji

Persentase kelulushidupan ikan uji selama pengamatan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Persentasi Kelulushidupan Ikan Uji.

Minggu	Persentase Kelulushidupan Ikan (%)					
	Pengolahan Bermedia			Pengolahan Tanpa Media		
	Pantau	Nila	Sepat rawa	pantau	Nila	Sepat rawa
I	0	0	0	0	0	0
II	0	6,67	23,33	0	0	0
III	20	40	63,33	0	0	0
IV	13,33	30	50	0	0	0
V	46,67	70	86,67	0	0	0

Sumber : Data Primer

Dari data Tabel 7 dapat dilihat pada pengamatan pertama tidak ada dari tiga jenis ikan uji yang hidup dalam air olahan limbah cair tahu. Pada pengamatan kedua ikan pantau masih mengalami kematian, ikan nila sudah dapat hidup sampai pada 6,67 %. Sedangkan untuk ikan sepat rawa tingkat kelulushidupannya mencapai 23,33 %. Selanjutnya pada pengamatan ketiga tingkat kelulushidupan ikan uji mengalami peningkatan. Dimana untuk ikan pantau sudah dapat hidup mencapai 20 %, ikan nila naik menjadi 40 %, dan ikan sepat rawa naik menjadi 63,33 %. Pada pengamatan keempat persentasi kelulushidupan ikan mengalami penurunan, hal ini terjadi dikarenakan adanya peningkatan kadar polutan organik pada bak fitoremediasi yang disebabkan oleh adanya pembusukan dari akar tanaman air yang digunakan. Dimana untuk ikan pantau persentasi kelulushidupannya turun menjadi 13,33 %, ikan nila turun menjadi menjadi 30 %, dan ikan sepat rawa turun menjadi 50 %. Namun pada pengamatan terakhir yaitu pengamatan kelima, setelah bak

fitoremediasi dibersihkan dari akar-akar tanaman air yang busuk. Persentasi kelulushidupan ikan kembali meningkat. Ikan pantau dapat hidup mencapai 46,67 %, ikan nila mencapai 70 %, dan ikan sepat rawa 86,67 %.

KESIMPULAN DAN SARAN

❖ Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan sistem anaerob – aerob bermedia botol plastik dengan kombinasi fitoremediasi mampu menurunkan kadar polutan organik pada limbah cair tahu. Dengan efektifitas penurunan BOD mencapai 85,58 - 92,96 % dengan kisaran nilai BOD 121,7 - 175,4 mg/l, dan COD sebesar 84,80 - 92,54 % dengan kisaran nilai COD 128,6 - 281,4 mg/l. Dimana rata-rata efektivitas penurunan untuk BOD mencapai 90,50 %, dan untuk COD mencapai 89,75 %. Dengan nilai rata-rata BOD pada outlet 143,44 mg/l, dan COD 197,46 mg/l. Telah sesuai baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 15 tahun 2008 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan atau Usaha Pengolahan Tahu untuk nilai BOD yaitu 150 mg/l, dan COD 300 mg/l. Sedangkan untuk parameter lainnya seperti nilai pH 4 - 7, suhu 28 - 32 °C dan oksigen terlarut 1,3 – 4,3 mg/l. Sedangkan untuk kelulushidupan ikan uji cukup tinggi, untuk ikan pantau (*Esomus sp*) pada akhir pengamatan dapat mencapai 46,67 %, ikan nila (*Oreochromis niloticus*) mencapai 70 %, dan ikan sepat rawa (*Trichogaster trichopterus*) mampu mencapai 86,67 %.

❖ Saran

Berdasarkan hasil penelitian, diharapkan ada penelitian lanjutan untuk menggunakan variasi bentuk, ukuran, dan jumlah unit reactor. Penggunaan jenis tanaman lainnya yang dapat digunakan sebagai media fitoremediasi agar efektifitas penurunan polutan organik

semakin besar, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif dalam pengolahan limbah cair pabrik tahu. Untuk uji tingkat kelulushidupan ikan, disarankan penambahan waktu pengujian untuk mengetahui apakah ikan uji bukan hanya dapat hidup, namun juga diharapkan dapat tumbuh dan berkembang setelah dipelihara di dalam air hasil olahan limbah cair tahu tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abel, C. 1989. Biological and Physical Mechanism in Slow Sand Filtration. New York. Gary Losgon. American Society of Civil Engineer.
- Anam, M., E. Kurniati. 2011. Penurunan Kandungan Logam Pb dan Cr *Leachate* Melalui Fitoremediasi Bambu Air (*Equisetum Hyemale*) dan Zeolit. Jurusan Keteknikan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Arman, B. 2008. Seleksi Beberapa Tumbuhan Air Sebagai Penyerap Logam Berat Cd, Pb dan Cu di Kolam Buatan. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Muhamadiyah Prof. Dr. Hamka. Cipayung. Jakarta Timur.
- Daylistio, S. 2009. Sepat Rawa (*Trichogaster trichopterus*) Sebagai Ikan Konsumsi dan Ikan Hias Lokal. Rineka Cipta. Jakarta.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius. Yogyakarta. 190 hal.
- Gultom, S. 2011. Efektifitas Ban Bekas Sebagai Media Biofilter dengan Sistem Anaerob-Aerob dalam Menurunkan Kadar Polutan Organik pada Limbah Cair Industri Tahu. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Riau.
- Hartati, N. 1994. Pengolahan Limbah Cair Tahu Dengan Proses Biofilter Aerob. Fakultas Bilogi UNSOED. Purwokerto.
- Herlambang, A. 2002. Pengaruh Pemakaian Biofilter Struktur sarang Tawon pada Pengolahan Limbah Organik Sistem Kombinasi Anaerobik-aerobik. Desertasi Program Pasca Sarjana IPB. Bogor. 304 hal.
- <http://irniaryani.wordpress.com/2008/10/20/125/>.
- <http://bemkemaafkepunpad.wordpress.com/2011/04/25/waspada-dengan-bahan-plastik/>.
- <http://www.distributorplastik.com/belajar-plastik/artikel/Page-4.html>.
- Ismanto, A. 2009. Bioremediasi Limbah PKS Dengan Sistem Simulasi Tanaman Air *Pistia stratiotes*. Pascasarjana Universitas Sumatra Utara.
- Kiatuddin, M. A. 2007. Melestarikan Sumberdaya Air Dengan Teknologi Rawa Buatan Tanaman *Eichhornia crassipes*. Gadjah Mada University Press.
- Kristanto, P. 2002. Ekologi Industri. Penerbit ANDI Yogyakarta. 352 hal.
- Merdekawati, D. 2012. Reduksi Padatan Tersuspensi dan Terlarut Dalam Limbah Cair Tahu Dengan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob Bermedia Ban Mobil Bekas terhadap Kelulushidupan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Riau.
- Ningsih, H. R. 2006. Kajian Penggunaan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Pada Penurunan Senyawa Nitrogen Efluen Pengolahan Limbah Cair PT. Capsugel Indonesia. IPB.